

PCT/KR 2004/000707

RO/KR 27.03.2004

REC'D 13 APR 2004

WIPO

PCT

대한민국 특허청

KOREAN INTELLECTUAL
PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 10-2003-0082725
Application Number

출원년월일 : 2003년 11월 20일
Date of Application NOV 20, 2003

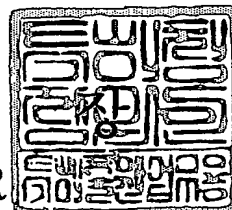
출원인 : 한국전자통신연구원
Applicant(s) Electronics and Telecommunications Research Institute



2004 년 03 월 27 일

특 허 청

COMMISSIONER



PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

BEST AVAILABLE COPY

【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0001
【제출일자】	2003.11.20
【발명의 명칭】	지상파 디지털 방송 수신 시스템에서의 판정 궤환 등화 장치 및 그 방법과, 그의 심볼 검출 방법
【발명의 영문명칭】	Apparatus and method of decision feedback equalization in terrestrial digital broadcasting receivers
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【명칭】	특허법인 신성
【대리인코드】	9-2000-100004-8
【지정된변리사】	변리사 정지원, 변리사 원석희, 변리사 박해천
【포괄위임등록번호】	2000-051975-8
【발명자】	
【성명의 국문표기】	박성익
【성명의 영문표기】	PARK, Sung Ik
【주민등록번호】	760809-1905916
【우편번호】	305-345
【주소】	대전광역시 유성구 신성동 146-14번지
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김승원
【성명의 영문표기】	KIM, Seung-Won
【주민등록번호】	640609-1268419
【우편번호】	305-390
【주소】	대전광역시 유성구 전민동 나래아파트 109-1804
【국적】	KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 김형남
【성명의 영문표기】 KIM,Hyoung Nam
【주민등록번호】 701031-1951111
【우편번호】 609-390
【주소】 부산광역시 금정구 장전동 산 30
【국적】 KR

【공지예외적용대상증명서류의 내용】

【공개형태】 간행물 발표
【공개일자】 2003.09.27

【심사청구】

청구

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의
 한 출원심사 를 청구합니다. 대리인
 특허법인 신성 (인)

【수수료】

【기본출원료】	20 면	29,000 원
【가산출원료】	22 면	22,000 원
【우선권주장료】	0 건	0 원
【심사청구료】	10 항	429,000 원
【합계】		480,000 원
【감면사유】	정부출연연구기관	
【감면후 수수료】		240,000 원

【기술이전】

【기술양도】 희망
【실시권 허여】 희망
【기술지도】 희망

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)_1통 2.공지예외적용대상(신규성상실의여
 외, 출원시의특례)규정을 적용받 기 위한 증명서류_1통

【요약서】

【요약】

1. 청구범위에 기재된 발명이 속하는 기술분야

본 발명은 지상파 디지털 방송 수신 시스템에서의 판정 궤환 등화 장치 및 그 방법과, 그의 심볼 검출 방법에 관한 것임.

2. 발명이 해결하려고 하는 기술적 과제

본 발명은 디지털 방송 수신 시스템에서 채널 정합 필터(channel matched filter)를 이용해 열악한 수신신호의 채널 특성을 온화(mild)하게 변화시키고, TBD(Trace Back Depth)가 1이고 복잡도가 감소된 트렐리스(trellis) 복호기를 사용함으로써 심볼 검출기의 출력에서 판정 에러를 감소시킬 수 있는 판정 궤환 등화 장치 및 그 방법을 제공하고자 함.

3. 발명의 해결 방법의 요지

본 발명은, 지상파 디지털 방송 수신 시스템에서의 판정 궤환 등화 장치에 있어서, 수신 신호와 훈련열을 통해 심볼단위 수신신호의 채널을 추정하기 위한 채널추정수단; 추정된 채널로부터 신호대잡음비(SNR)를 최대화시켜 수신신호의 채널특성을 변화시키기 위한 채널정합 필터링수단; 상기 채널정합 필터링수단을 통해 채널특성이 변화된 수신심볼을 저장하고 있는 입력신호 저장수단; 상기 채널정합 필터링수단을 통과한 신호의 반복적인 필터링을 통해 판정 궤환 등화(채널 등화)를 수행하기 위한 채널등화수단; 채널 등화된 수신심볼을 TBD(Trace Back Depth)가 1이고 복잡도가 감소된 트렐리스 복호 알고리즘을 이용하여 심볼(판정 데이터)을 검출하여 판정 의거 모드시 출력하기 위한 트렐리스 복호수단; 블라인드 모드시에 필요한 통계적인 에러 데이터를 산출하여 출력하기 위한 통계 데이터 산출수단; 상기 훈련열을 저장하고 있

는 훈련열 저장수단; 훈련 모드, 혹은 판정 의거 모드, 혹은 블라인드 모드의 출력을 선택하기 위한 스위칭수단; 상기 스위칭수단에 의해 선택된 모드의 출력신호(판정 데이터 혹은 통계적인 에러 데이터 혹은 훈련열 데이터)와 상기 채널등화수단의 출력신호(판정 궤환 등화 데이터)를 비교하여 에러신호를 계산하기 위한 에러신호 계산수단; 및 상기 에러신호, 상기 트렐리스 복호수단의 출력신호 및 상기 입력신호 저장수단의 출력신호를 이용하여, 상기 채널등화수단으로 인가되는 탭 계수를 갱신하기 위한 탭 계수 갱신수단을 포함함.

4. 발명의 중요한 용도

본 발명은 지상파 디지털 방송 수신기 등에 이용됨.

【대표도】

도 2

【색인어】

방송 수신기, 판정 궤환 등화, 채널 등화, 트렐리스 복호기, TCM, VSB

【명세서】

【발명의 명칭】

지상파 디지털 방송 수신 시스템에서의 판정 궤환 등화 장치 및 그 방법과, 그의 심볼 검출 방법{Apparatus and method of decision feedback equalization in terrestrial digital broadcasting receivers}

【도면의 간단한 설명】

도 1 은 일반적인 판정 궤환 등화 장치의 구성 예시도.

도 2 는 본 발명에 따른 판정 궤환 등화 장치의 일실시에 구성도.

도 3 은 ATSC 8-VSB 전송 시스템에서 사용되는 TCM 부호기(트렐리스 부호기) 및 트렐리스도.

도 4 는 본 발명에 따른 판정 궤환 등화 장치 중 트렐리스 복호기(TBD가 1이고 복잡도가 감소된 비터비 복호기)에서의 심볼 검출 과정을 나타낸 일실시에 설명도.

도 5 는 ATSC 8-VSB 전송 시스템에 사용되는 트렐리스 부호 인터리버의 블록 구성도.

도 6 은 본 발명에 따른 판정 궤환 등화 방법에 대한 일실시에 흐름도.

* 도면의 주요 부분에 대한 부호 설명

20 : 채널 추정부

21 : 채널 정합 필터

22 : 메인 필터부

23 : 트렐리스 복호기

24 : 통계 데이터 산출부

25 : 훈련열 저장부

26 : 스위치부

27 : 에러신호 계산부

28 : 등화기 입력신호 저장부

29 : FFF 탭 계수 갱신부

30 : FBF 탭 계수 갱신부

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<14> 본 발명은 지상파 디지털 방송 수신 시스템에서의 채널 등화 기술분야에 관한 것으로, 특히 채널 정합 필터(channel matched filter)를 이용해 열악한 수신신호의 채널 특성을 온화(mild)하게 변화시키고, TBD(Trace Back Depth)가 1이고 복잡도가 감소된 트렐리스(trellis) 복호기를 사용함으로써 심볼 검출기의 출력에서 판정 에러를 감소시킬 수 있는 판정 궤환 등화 장치 및 그 방법과, 그의 심볼 검출 방법에 관한 것이다.

<15> 일반적으로, 디지털 통신 시스템에서는 제한된 대역을 사용하여 데이터를 전송하기 때문에, 심볼의 펄스 에너지를 인접하고 있는 심볼 펄스로 분산시키는 시간 분산 효과(time dispersion effect)로 인해 인접 심볼에 간섭을 주게 된다. 뿐만 아니라, 송신된 데이터는 여러 가지 채널 왜곡에 의해 영향을 받는다. 이와 같은 채널 왜곡 현상으로는 다중 경로 현상, 주파수 오프셋, 위상 지터 등과 같은 것이 있으며, 이러한 것들은 디지털 통신 시스템에서 송신 심볼들이 인접한 심볼에 영향을 주는 심볼간 간섭(ISI : InterSymbol Interference)을 발생시켜 수신기에서 원하는 데이터를 얻는데 커다란 장애 요소가 된다.

- <16> 이를 방지하기 위하여, 일반 수신기(디지털 방송 수신기)에서는 ISI로 인한 심볼 에러를 줄이기 위해서 채널 등화기를 사용한다.
- <17> 대부분의 통신 채널은 상기 언급한 왜곡 요소들이 가변적이기 때문에 시간에 따라 적응적으로 탭 계수를 갱신하는 적응 등화기(adaptive equalizer)가 필요하다.
- <18> 도 1을 통해, 일반적인 채널 등화 장치의 구성을 살펴보기로 한다.
- <19> 도 1에 도시된 바와 같이, 일반적인 채널 등화 장치는 디지털 필터부(11)가 수신기(디지털 방송 수신기)에 수신된 기저대역(baseband) 신호에서 왜곡을 발생시키는 심볼간의 간섭 성분을 제거하며, 심볼 검출부(단순 양자화기)(12)가 디지털 필터부(11)에서 출력되는 신호를 사전에 정해진 임계치와 비교하여 판정(decision)된 데이터를 산출하여 출력한다.
- <20> 그리고, 탭 계수 갱신부(13)는 등화기 입력신호 저장부(17)의 출력신호, 디지털 필터부(11)의 출력신호, 스위치부(16)에 의해 선택되는 에러 데이터를 입력받아, 에러를 산출하여 디지털 필터부(11)의 탭 계수를 갱신한다.
- <21> 또한, 훈련열 저장부(14)는 송신기(디지털 방송 송신기)에서도 알고 있는 훈련 데이터열을 저장하며, 이 훈련 데이터열은 훈련 모드시에 읽혀들여져 탭 계수 갱신부(13)로 출력된다.
- <22> 또한, 통계 데이터 산출부(15)는 블라인드 모드시에 통계적인 에러를 산출하여 탭 계수 갱신부(13)로 출력한다.
- <23> 또한, 스위치부(16)는 선택된 모드에 따라 훈련열 저장부(14), 통계 데이터 산출부(15) 및 심볼 검출부(12) 중에서 하나를 선택하여, 선택된 블록에서 출력되는 에러 데이터를 탭 계수 갱신부(13)로 출력한다. 그러면, 탭 계수 갱신부(13)는 해당하는 오차신호를 구한 다음, 디

디지털 필터부(11)의 탭 계수에 해당하는 등화기 입력신호 저장부(17)내의 데이터를 읽어들이 탭 계수를 갱신한 후 디지털 필터부(11)로 출력한다.

<24> 이러한 채널 등화 장치로서, 디지털 방송 수신기에서는 판정 궤환 등화기(DFE : Decision Feedback Equalizer)가 많이 쓰이고 있다. 일반적으로, 판정 궤환 등화기는 그 출력의 눈 모형(eye pattern : 등화기의 성능 결정 요소, 즉, 출력 신호 판정시 정확하고 용이하게 하도록 하는 기능)이 열려 있어서, 심볼 검출기(symbol detector)의 출력이 올바르게 판정된 심볼일 경우, 피드백 필터부는 이전에 판정된 심볼에 의한 ISI를 제거하여 주면서도, 선형 등화기에서 채널 등화시 발생하는 필터부 출력에서의 잡음 증폭 현상과 같은 문제가 나타나지 않기 때문에 디지털 방송 수신기에서 많이 사용된다.

<25> 따라서, 판정 궤환 등화기의 적절한 사용을 위해서는 심볼 검출기의 출력에서 판정 에러가 나지 않도록 하는 것이 중요하고, 무엇보다도 등화기 출력의 눈 모형이 열리게 하는 것이 중요하다.

<26> 이를 위해, 미국형 ATSC(Advanced Television System Committee) 디지털 방송 시스템에서는 데이터 효율이 줄어드는 것을 감수하면서 312 데이터 세그먼트(1 세그먼트 = 208 바이트)마다 1개의 훈련열 세그먼트를 삽입하여 등화기 출력의 눈 모형을 열 수 있도록 하는 방법을 사용하고 있다.

<27> 하지만, 긴 고스트(long ghost)가 있는 다중 경로 환경에서는 삽입된 훈련열이 짧아서 필터부 출력의 눈 모형(eye pattern)을 여는데 실패하는 경우가 많다. 특히, 훈련열이 있더라도 필터부의 탭 계수가 수렴하기에 충분치 못한 길이어거나, 채널이 시간에 따라 변하는 시변 채널, 긴 고스트(long ghost) 혹은 신호 레벨이 큰 고스트가 있는 열악한 다중 경로 환경에서는 필터부 출력의 눈 모형(eye pattern)을 여는데 실패하는 경우가 많다. 만약, 눈 모형이 열

리지 않으면, 심볼 검출기에서 판정 에러가 발생할 가능성이 매우 크고, 이로 인해 판정 에러가 판정 궤환 등화기의 피드백 루프를 통해 누적되는 에러 전파 문제가 발생하게 된다.

- <28> 따라서, 훈련열이 없는 데이터 구간에서는 판정 에러를 줄이기 위한 방법이 요구되고, 특히 판정 궤환 등화기 출력의 눈 모양을 열어 심볼 검출기의 판정 에러를 줄이기 위해서는 피드백 필터의 전체 탭 에너지를 줄여야 한다.
- <29> 먼저, 판정 에러를 줄이기 위한 종래의 방법들은 대부분이 복호 지연(decoding delay)을 가지는 비터비 복호기를 이용하였으며, 대표적인 것으로 등화기 탭 계수 조정기에 비터비 복호기의 복호 지연과 동일한 지연을 두는 방법이 있는데, 이는 G. Long에 의한 "The LMS Algorithm with Delayed Coefficient Adaptation" 명칭의 IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, vol. ASSP-37, Oct. 1989년의 문헌에 수록되어 있다.
- <30> 또한, 주기적인 인터리버 및 디인터리버를 추가시켜 비터비 복호기의 복호 지연을 해결하는 방법이 있는데, 이는 M. V. Eyuboglu에 의한 "Detection of Coded Modulation Signals on Linear, Severely Distorted Channels Using Decision-Feedback Noise Prediction with Interleaving" 명칭의 IEEE Trans. Commun., vol. COM-36, pp. 401-409, April. 1988년의 문헌 및 1989년 5월 23일에 Eyuboglu에게 특허 허여된 미국특허 제4,833,693호에 수록되어 있다.
- <31> 상기 판정 에러를 줄이기 위한 방법들은 등화기 뒷단의 복호 지연값으로 TBD-1을 갖는 비터비 복호기를 판정 궤환 등화 장치의 심볼 검출기로 이용하였기 때문에, 복호 지연을 없애기 위한 부가적인 장치들이 필요하다. 뿐만 아니라, 등화기 뒷단의 비터비 복호기가 충분한 성능을 가지기 위해서는 TBD가 부호화 과정에서 사용된 트렐리스 부호기 메모리 개수보다 하나 더 많은 값의 5배 이상이 되어야 한다.

- <32> 그러나, 일반적으로 비터비 복호기의 출력을 판정 궤환 등화 장치의 피드백 입력으로 사용하기 위해서는 복호 지연이 최대한 작아야 한다.
- <33> 특히, 도 5와 같이 트렐리스 부호 인터리버에 의해 12개의 TCM(Trellis Coded Modulation) 부호기를 사용하는 디지털 방송 시스템에서는 복호 지연값이 $TBD-1$ 이 아니라 $12 \times TBD-1$ 이 되며, TCM 부호기의 메모리가 2개이므로 대략적인 복호 지연값은 168이 된다. 이러한 복호 지연값을 갖는 비터비 복호기를 실제 시스템에서 사용하는 것은 매우 비효율적이다.
- <34> 따라서, 비터비 복호기를 디지털 방송 수신 시스템의 판정 궤환 등화 장치의 심볼 검출기로 사용하기 위해서는 복호 지연이 최대한 작아야 하며, 없는 것이 최상이다. 그리고, 비터비 복호기를 구현함에 있어서 최대한 낮은 복잡도를 가져야 한다.
- <35> 한편, 피드백 필터의 탭 에너지를 줄이기 위한 종래의 방법으로는, 포스트 고스트(post ghost)를 제거하는 피드포워드 필터의 탭 수를 증가시키거나, 안테나 빔 포밍(beam-forming) 또는 채널 정합 필터를 사용하여 수신신호의 채널특성(channel property)를 변화시키는 방법 등이 있다.
- <36> 상기 피드포워드 필터의 탭 수를 증가시키는 방법은 비효율적이며, 탭 수의 증가량에 비해 성능 향상이 작다. 또한, 채널 정합 필터를 사용하여 채널특성을 변화시키는 방법은 탭 수를 증가시키는 방법에 비해 상대적으로 좋은 성능을 나타내며, 이는 Richard Citta에 의한 "A VSB Receiver Designed for Indoor and Distributed Transmission Environments" 명칭의 IEEE 52nd Annual Broadcast Symposium, Oct.9-11, 2002년의 문헌에 수록되어 있다.
- <37> 상기 Richard Citta에 의해 제안된 채널 등화 방법은 오버샘플링(over-sampling)된 데이터를 이용하여 채널 정합 필터를 생성하고, 분수간격(fractionally-spaced) 등화기를 사용하

로 복잡도가 매우 높다. 또한, 단순 양자화기(slicer)를 심볼 검출기로 사용하므로 판정에러에 의한 에러전파문제가 발생할 수 있다.

<38> 따라서, 낮은 복잡도를 갖는 심볼 단위의 채널 정합 필터와 등화기의 개발 및 판정에러가 적은 심볼검출기의 개발이 절실히 요구된다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<39> 본 발명은, 상기와 같은 요구에 부응하기 위하여 제안된 것으로, 디지털 방송 수신 시스템에서 채널 정합 필터(channel matched filter)를 이용해 열악한 수신신호의 채널 특성을 온화(mild)하게 변화시키고, TBD(Trace Back Depth)가 1이고 복잡도가 감소된 트렐리스(trellis) 복호기를 사용함으로써 심볼 검출기의 출력에서 판정 에러를 감소시킬 수 있는 판정 궤환 등화 장치 및 그 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

<40> 아울러, 본 발명은 상기 판정 궤환 등화 장치에서 복호 지연을 줄여 트렐리스 복호기의 출력을 상기 판정 궤환 등화 장치의 피드백 입력으로 사용할 수 있는 TBD가 1이고 복잡도가 감소된 트렐리스 복호기의 심볼 검출 방법을 제공하는데 다른 목적이 있다.

【발명의 구성】

<41> 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 직상파 디지털 방송 수신 시스템에서의 판정 궤환 등화 장치에 있어서, 수신신호와 훈련열을 통해 심볼단위 수신신호의 채널을 추정하기 위한 채널추정수단; 추정된 채널로부터 신호대잡음비(SNR)를 최대화시켜 수신신호의 채널특성을 변화시키기 위한 채널정합 필터링수단; 상기 채널정합 필터링수단을 통해 채널특성이 변화된 수신심볼을 저장하고 있는 입력신호 저장수단; 상기 채널정합 필터링수단을 통과한 신호의 반복

적인 필터링을 통해 판정 궤환 등화(채널 등화)를 수행하기 위한 채널등화수단; 채널 등화된 수신심볼을 TBD(Trace Back Depth)가 1이고 복잡도가 감소된 트렐리스 복호 알고리즘을 이용하여 심볼(판정 데이터)을 검출하여 판정 의거 모드시 출력하기 위한 트렐리스 복호수단; 블라인드 모드시에 필요한 통계적인 에러 데이터를 산출하여 출력하기 위한 통계 데이터 산출수단; 상기 훈련열을 저장하고 있는 훈련열 저장수단; 훈련 모드, 혹은 판정 의거 모드, 혹은 블라인드 모드의 출력을 선택하기 위한 스위칭수단; 상기 스위칭수단에 의해 선택된 모드의 출력신호(판정 데이터 혹은 통계적인 에러 데이터 혹은 훈련열 데이터)와 상기 채널등화수단의 출력신호(판정 궤환 등화 데이터)를 비교하여 에러신호를 계산하기 위한 에러신호 계산수단; 및 상기 에러신호, 상기 트렐리스 복호수단의 출력신호 및 상기 입력신호 저장수단의 출력신호를 이용하여, 상기 채널등화수단으로 인가되는 탭 계수를 갱신하기 위한 탭 계수 갱신수단을 포함하여 이루어진 것을 특징으로 한다.

<42> 그리고, 본 발명은 지상파 디지털 방송 수신 시스템에서의 판정 궤환 등화 방법에 있어서, 수신신호와 훈련열을 이용하여 훈련열 구간동안 채널을 추정하는 제 1 단계; 추정된 채널로부터 신호대잡음비(SNR)를 최대화시키기 위해 채널 정합 필터로 수신신호를 통과시켜, 수신신호의 채널특성을 변화시키는 제 2 단계; 채널특성이 변화된 수신심볼의 판정 궤환에 필요한 파라미터의 수치를 결정하고, 채널 등화 파라미터를 초기화하는 제 3 단계; 결정된 파라미터에 따른 특정 시간 인덱스 신호의 등화기 출력신호를 TBD(Trace Back Depth)가 1이고 복잡도가 감소된 트렐리스 복호기를 이용하여 심볼을 검출하는 제 4 단계; 블라인드 모드시 필요한 통계 데이터를 산출하는 제 5 단계; 훈련 모드, 판정 의거 모드 혹은 블라인드 모드 중

하나를 선택하는 제 6 단계; 상기 제 6 단계에서 선택된 모드의 출력신호와 판정 의거 모드의 등화 필터부의 출력신호를 비교하여 에러신호를 계산하고, 계산된 에러신호를 이용하여 탭 계수를 갱신하는 제 7 단계; 및 상기 갱신된 탭 계수를 이용하여 채널 등화를 수행하는 제 8 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 한다.

<43> 또한, 본 발명은 지상파 디지털 방송 수신 시스템에서의 채널 등화를 위한 심볼 검출 방법에 있어서, 심볼 검출기 입력 신호와 트렐리스도에 나타나는 심볼 쌍들 사이의 절대치 거리를 계산하는 제 1 단계; 상기 계산된 절대치 거리 쌍들 중에서 각 쌍들마다 작은 절대치 거리를 선택하는 제 2 단계; 시간 인덱스에서 트렐리스도에 나타나는 모든 상태마다 이전에 계산된 누적 절대치 거리와 상기 계산된 절대치 거리를 합하여, 새로운 누적 절대치 거리를 계산하는 제 3 단계; 시간 인덱스에서 트렐리스도에 나타나는 모든 상태마다 가장 작은 누적 절대치를 제외한 나머지 누적 절대치를 제거하는 제 4 단계; 시간 인덱스에서 트렐리스도에 나타나는 모든 상태들 중에서 가장 작은 누적 절대치를 가지는 상태를 선택하고, 선택된 상태로 전이된 트렐리스도상의 가지로부터 심볼 검출기(트렐리스 복호수단) 출력을 얻어내는 제 5 단계; 및 상기 제 1 단계 내지 제 5 단계의 과정들을 심볼 시간 인덱스마다 반복적으로 수행하는 제 6 단계를 포함한다.

<44> 본 발명은 지상파 디지털 방송 수신 시스템에서 채널 정합 필터(channel matched filter)와 트렐리스(trellis) 복호기를 갖는 판정 궤환 등화 장치 및 그 방법에 관한 것으로서, 채널추정기(channel estimator)에서 수신신호와 훈련열(training sequence)을 사용하여 수신신호의 채널을 추정하고, 추정된 채널

의 정보를 통해 채널 정합 필터를 생성하고, 생성된 채널 정합 필터를 이용해 열악한 수신신호의 채널특성을 온화(mild)하게 변화시키고, 채널 정합 필터를 통과한 신호를 TBD가 1이고 복잡도가 감소된 비터비 복호기를 갖는 판정 궤환 등화 장치로 등화함으로써, 실내수신 및 이동수신과 같은 열악한 채널 환경에서도 효율적으로 채널등화를 수행한다.

<45> 여기에서는 기존 판정 궤환 등화 장치 앞단에 심볼 단위의 채널추정기로부터 생성된 채널 정합 필터를 씌움으로써, 실내수신 및 이동수신과 같은 열악한 수신신호의 채널특성을 온화(mild)하게 변화시키고, 기존 판정 궤환 등화 장치에서 심볼 검출기로 사용하던 단순 양자화기 대신 TBD가 1이고 복잡도가 감소된 비터비 복호기를 사용함으로써, 심볼 검출기 출력에서 판정에러를 감소시켜 디지털 필터부의 수렴 속도를 향상시키고 수렴후 정상 상태에서의 잔류 편승오차(residual MSE)를 줄일 수 있다.

<46> 상술한 목적, 특징들 및 장점은 첨부된 도면과 관련한 다음의 상세한 설명을 통하여 보다 분명해 질 것이다. 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 일실시예를 상세히 설명한다.

<47> 도 2 는 본 발명에 따른 판정 궤환 등화 장치의 일실시예 구성도이다.

<48> 본 발명의 이해를 돕기 위하여, 지상파 디지털 방송 수신 시스템에서 채널 정합 필터(21)와 트렐리스 복호기(23)를 갖는 판정 궤환 등화 장치의 구조 및 동작 과정을 설명하기에 앞서, 채널 추정부(20) 및 메인 필터부(22)내의 탭 계수 갱신을 위한 계산식을 산출하는 과정에 대해 살펴보면 다음과 같다.

<49> 먼저, 채널 추정부(20) 및 메인 필터부(22)의 입력 신호와 기준 신호 및 탭 계수를 정의하면 다음과 같다.

- <50> h_c 는 채널 추정부(20)내 채널추정필터(201)의 탭 계수이다.
- <51> $r[k]$ 는 시간 k 에서의 채널추정필터(201)의 입력신호, 혹은 채널 정합 필터(21)의 입력신호이다.
- <52> $s[k]$ 는 시간 k 에서의 채널추정필터(201)의 출력신호이다.
- <53> h_M 은 채널 정합 필터(21)의 탭 계수이다.
- <54> $x[k]$ 는 시간 k 에서의 메인 필터부(22)의 입력신호, 혹은 채널 정합 필터(21)의 출력신호이다.
- <55> $y[k]$ 는 시간 k 에서의 메인 필터부(22)의 출력신호이다.
- <56> $b_i[k]$ 는 시간 k 에서의 메인 필터부(22)내 피드포워드필터(FFF : FeedForward Filter)(221)의 탭 계수이다.
- <57> $a_i[k]$ 는 시간 k 에서의 메인 필터부(22)내 피드백필터(FBF : FeedBack Filter)(222)의 탭 계수이다.
- <58> 상기 채널추정필터(201)의 탭 계수(h_c)는 하기의 [수학식 1]과 같다.
- <59> **【수학식 1】**
$$h_c = \sum_{i=0}^{N-1} h_{c,i} \cdot \delta[i]$$
- <60> 상기 [수학식 1]에서, N 은 채널추정필터(201)의 탭 수, $h_{c,i}$ 는 i 번째 채널추정필터(201)의 탭 계수이고, $\delta[i]$ 는 unit sample 함수이다. h_c 를 이용하여 채널추정필터(201)의 출력신호를 구하면 하기의 [수학식 2]와 같다.

<61> **【수학식 2】** $s[k] = \sum_{i=0}^{N-1} h_{C,i} \cdot r[k-i]$

<62> 채널추정필터(201)의 탭 계수 갱신을 위한 에러신호, 즉 $e_1[k]$ 는 하기의 [수학식 3]과 같다.

<63> **【수학식 3】** $e_1[k] = d[k] - s[k]$

<64> 상기 [수학식 3]에서, $d[k]$ 는 훈련열 저장부(25)에 저장되어 있는 훈련열이며, 채널추정필터 탭 계수 갱신부(203)에서는 에러신호, 즉 $e_1[k]$ 를 이용하여 훈련열 구간동안 채널추정필터(201)의 탭 계수를 갱신한다.

<65> 이때 갱신된 채널추정필터(201)의 탭 계수를 이용하여 채널 정합 필터(21)의 탭 계수를 구하면 하기의 [수학식 4]와 같다.

<66> **【수학식 4】** $h_M = \sum_{i=0}^{N-1} h_{C,N-i}^* \cdot d[i]$

<67> 상기 [수학식 4]에서, *는 켈레복소수(complex conjugate)를 나타낸다. h_M 은 h_C 의 탭 계수를 대칭으로 하여 구한 것이다. 이러한 과정으로 인해 채널 정합 필터(21)를 채널거울필터(channel mirror filter)라고도 한다.

<68> 상기 채널 정합 필터(21)를 이용해 등화 장치 입력신호를 구하면 하기의 [수학식 5]와 같다.

<69> **【수학식 5】**
$$x[k] = \sum_{i=0}^{N-1} h_{M,i} \cdot r[k-i]$$

<70> 상기 [수학식 5]에서, N 은 채널 정합 필터(21)의 탭 수이며, 채널추정필터(201)의 탭 수와 길이가 동일하다. 그리고, $h_{M,i}$ 는 i 번째 채널 정합 필터(21)의 탭 계수이다.

<71> 등화 장치 입력신호 $x[k]$ 를 이용하여 메인 필터부(22)의 출력신호($y[k]$)를 구하면 하기의 [수학식 6]과 같다.

<72> **【수학식 6】**
$$y[k] = \sum_{i=0}^{N_b-1} b_i[k] x[k-i] - \sum_{j=1}^N a_j[k] \hat{z}[k-j]$$

<73> 상기 [수학식 6]에서, N_b 는 피드포워드필터(FFF)(221)의 탭 수이며, N_a 는 피드백필터(FBF)(222)의 탭 수, $\hat{z}[k]$ 는 메인 필터부(22)의 출력신호($y[k]$)를 입력으로 받아 단순 양자화기(심볼 검출기)(도 1의 11)에 의해 사전에 정해진 임계치와 비교하여 판정되는 출력신호이다. 이때, 탭 계수 갱신을 위한 에러 신호, 즉 $e_2[k]$ 는 하기의 [수학식 7]과 같다.

<74> **【수학식 7】**
$$e_2[k] = \hat{z}[k] - y[k]$$

<75> 탭 계수 갱신을 위한 에러신호가 상기 [수학식 7]과 같은 경우, 피드포워드필터(FFF)(221)와 피드백필터(FBF)(222)의 탭 계수 갱신 식은 하기의 [수학식 8]과 같다.

<76>
$$b_i[k+1] = b_i[k] + \mu e[k] x[k-i],$$

【수학식 8】
$$a_j[k+1] = a_j[k] - \mu e[k] \hat{x}[k-j],$$

<77> 상기 [수학식 8]에서, μ 는 스텝 크기(step size)로서, 수렴 속도와 정상 상태의 편승 오차(MSE : Mean Square Error)를 결정하는 값이다.

<78> 즉, 스텝 크기(μ)가 클 경우, 수렴 속도는 빨라지지만 정상 상태에서의 잔류 MSE가 커지게 되는 반면, 스텝 크기(μ)가 작을 경우, 잔류 MSE는 작아지지만 수렴 속도가 느려지게 된다.

<79> 전술한 바와 같이, 일반적으로 판정 궤환 등화 장치는 그 출력의 눈 모형(eye pattern : 등화기의 성능 결정 요소, 즉, 출력 신호 판정시 정확하고 용이하게 하도록 하는 기능)이 열려 있어서, 심볼 검출부(단순 양자화기)(도 1의 12)의 출력인 $\hat{x}[k]$ 가 올바르게 판정된 심볼일 경우, 피드백 필터부는 이전에 판정된 심볼에 의한 ISI를 제거하여 주며, 선형 등화기에서 채널 등화시 발생하는 필터부 출력에서의 잡음 증폭 현상도 나타나지 않는다. 이러한 특성 때문에, 판정 궤환 등화 장치는 디지털 방송 시스템에서 널리 사용되고 있다.

<80> 그러나, 심볼 검출부(단순 양자화기)(도 1의 12)를 통해 판정된 심볼이 에러가 있는 경우, 그 에러가 피드백 필터부를 통과하면서 궤환 루프를 통해 누적되어 전파(에러 전파)되기 때문에 안전성을 보장받지 못하게 된다.

<81> 따라서, 송, 수신기 사이에 약속된 훈련열(training sequence)을 일정 주기로 삽입하여 눈 모형을 얻 후, 훈련열 구간이 끝나고 데이터 구간이 되면 송신 심볼을 모르므로 심볼 검출부(단순 양자화기)(도 1의 12)의 출력인 $\hat{x}[k]$ 를 사용한다.

- <82> 상기와 같이, 심볼 검출부(단순 양자화기)(도 1의 12)의 출력을 탭 계수 갱신을 위해 사용하는 것을 판정 의거 채널 등화(decision directed equalization)라 한다.
- <83> 본 발명에서는, 상기 도 1의 판정 궤환 등화 장치 앞단에 심볼 단위의 채널추정부(20)로부터 생성된 채널 정합 필터(21)를 둬으로써, 실내수신 및 이동수신과 같은 열악한 수신신호의 채널특성을 온화(mild)하게 변화시키고, 상기 도 1의 판정 궤환 등화 장치에서 심볼 검출부(도 1의 12)에서 사용하던 단순 양자화기 대신 TBD가 1이고 복잡도가 감소된 비터비 복호기를 사용함으로써, 심볼 검출부(12) 출력에서 판정 에러를 감소시켜 디지털 필터부의 수렴 속도를 향상시키고, 수렴후 정상 상태에서의 잔류 편승 오차(residual MSE)를 줄일 수 있다.
- <84> 채널 정합 필터와 TBD가 1이고 복잡도가 감소된 트렐리스 복호기를 갖는 본 발명에 따른 판정 궤환 등화 장치는 미국형 지상파 디지털 TV 표준인 8-VSB(Vestigial SideBand) 시스템에 적용하여, 심볼 검출부 출력에서 판정 에러를 감소시켜 등화 성능을 향상시킬 수 있다.
- <85> 8-VSB 시스템은 313 세그먼트 중 한 개의 세그먼트를 훈련열로 쓰도록 하고 있으며, 송신 심볼이 1, 3, 5, 7의 8 레벨 신호로서, QAM 방식과는 달리 1차원 성상을 갖는다.
- <86> 그럼, 지상파 디지털 방송 수신 시스템에서 채널 정합 필터(21)와 트렐리스 복호기(23)를 갖는 본 발명에 따른 판정 궤환 등화 장치의 구조 및 동작 과정에 대해 보다 상세하게 살펴보기로 한다.
- <87> 도 2에 도시된 바와 같이, 지상파 디지털 방송 수신 시스템에서 채널 정합 필터(21)와 트렐리스 복호기(23)를 갖는 본 발명에 따른 판정 궤환 등화 장치는, 수신신호와 훈련열을 통해 심볼단위 수신신호의 채널을 추정하기 위한 채널 추정부(20)와, 채널 추정부(20)에 의해 추정된 채널로부터 신호대잡음비(SNR)를 최대화시켜 수신신호의 채널특성을 변화시키기 위한 채널

널 정합 필터(21)와, 채널 정합 필터(21)를 통해 채널특성이 변화된 수신심볼을 저장하고 있는 등화기 입력신호 저장부(28)와, 채널 정합 필터(21)를 통과한 신호의 반복적인 필터링을 통해 판정 궤환 등화(채널 등화)를 수행하기 위한 메인 필터부(22)와, 채널 등화된 수신심볼을 TBD(Trace Back Depth)가 1이고 복잡도가 감소된 트렐리스 복호 알고리즘을 이용하여 심볼(판정 데이터)을 검출하여 판정 의거 모드시 출력하기 위한 트렐리스 복호기(23)와, 블라인드 모드시에 필요한 통계적인 에러 데이터를 산출하여 출력하기 위한 통계 데이터 산출부(24)와, 훈련열을 저장하고 있는 훈련열 저장부(25)와, 훈련 모드, 혹은 판정 의거 모드, 혹은 블라인드 모드의 출력을 선택하기 위한 스위치부(26)와, 스위치부(26)에 의해 선택된 모드의 출력신호(판정 데이터 혹은 통계적인 에러 데이터 혹은 훈련열 데이터)와 메인 필터부(22)의 출력신호(판정 궤환 등화 데이터)를 비교하여 에러신호를 계산하기 위한 에러신호 계산부(27)와, 에러신호 계산부(27)의 에러신호, 등화기 입력신호 저장부(28)의 출력신호를 이용하여, 메인 필터부(22)의 피드포워드필터(FFF)(221)로 인가되는 탭 계수를 갱신하기 위한 FFF 탭 계수 갱신부(29)와, 에러신호 계산부(27)의 에러신호, 트렐리스 복호기(23)의 출력신호를 이용하여 메인 필터부(22)의 피드포워드필터(FFF)(221)로 인가되는 탭 계수를 갱신하기 위한 FBF 탭 계수 갱신부(30)를 포함한다.

<88> 여기서, 채널 추정부(20)는 채널추정필터(201), 에러신호 계산부(202), 채널추정필터 탭 계수 갱신부(203)를 구비한다.

<89> 그리고, 메인 필터부(22)는 등화기 피드포워드필터(FFF)(221), 등화기 피드포워드필터(FFF)(221), 등화기 출력 감산기(223)를 포함한다.

<90> 상기와 같은 구성을 갖는 채널 정합 필터(21)와 트렐리스 복호기(23)를 갖는 본 발명에 따른 판정 궤환 등화 장치의 각 구성요소들의 동작을 살펴보면 다음과 같다.

- <91> 채널 추정부(20)는 수신신호($r[k]$)와 훈련열($d[k]$)를 이용하여 훈련열 구간동안 채널을 추정한다. 여기서, 에러 신호 계산부(202)에서는 훈련열($d[k]$)와 채널추정필터(201)의 출력신호($s[k]$)를 이용하여 에러신호($e_I[k]$)를 계산하고, 채널추정필터 탭 계수 갱신부(203)는 계산된 에러신호($e_I[k]$)를 이용하여 채널추정필터(201)로 인가되는 탭 계수(h_C)를 갱신한다. 이 채널 추정부(20)에서는 $L(L \geq 1)$ 필드(313 세그먼트, 즉 312 데이터 세그먼트마다 1개의 훈련열 세그먼트를 삽입)마다 혹은 처음 시작 필드에서만 훈련열과 수신신호를 이용하여 심볼단위 수신신호의 채널을 추정하고, 추정된 채널로부터 신호대잡음비를 최대화시키기 위해 채널 정합 필터(21)를 생성하여, 생성된 채널 정합 필터(21)로 수신신호를 통과시킴으로써, 실내수신 및 이동수신과 같은 열악한 수신신호의 채널특성을 온화(mild)하게 변화시킬 수 있다.
- <92> 채널 정합 필터(21)는 채널 추정부(20)에서 계산된 채널추정필터 탭 계수(h_C)를 이용하여 채널정합필터 탭 계수(h_M)를 생성하고, 생성된 채널정합필터 탭 계수(h_M)과 수신신호($r[k]$)를 이용하여 수신신호의 신호대잡음비(SNR : Signal to Noise Ratio)를 최대화시킨다.
- <93> 메인 필터부(22)는 채널 정합 필터(21) 출력신호의 반복적인 필터링을 통해 채널 등화를 수행한다.
- <94> 트렐리스 복호기(23)는 메인 필터부(22)로부터 수신되는 디지털 방송신호를 TBD가 1인 비터비 복호 알고리즘을 이용하여 심볼을 검출한다. 이 트렐리스 복호기(23)는 도 5와 같이 트렐리스 부호 인터리버에 의해 12개의 트렐리스 부호기(TCM 부호기)를 사용하는 디지털 방송 시스템에서 TBD가 1이고 복잡도가 감소된 비터비 복호 알고리즘을 이용하여 심볼을 검출함으로써, 복호지연값을 0으로 만들 수 있다.
- <95> 통계 데이터 산출부(24)는 블라인드 모드시 필요한 통계 데이터를 산출한다.

- <96> 훈련열 저장부(25)는 훈련 모드 및 채널 추정부(20)에서 사용되는 훈련열을 저장하고 있다.
- <97> 스위치부(26)는 훈련 모드, 판정 의거 모드 혹은 블라인드 모드의 출력을 선택한다.
- <98> 에러신호 계산부(27)는 메인 필터부(22)의 출력신호($y[k]$)와 트렐리스 복호기(23)의 출력신호($\hat{z}[k]$) 또는 통계 데이터 산출부(24)의 출력신호를 비교하여 에러신호($e_2[k]$)를 계산한다.
- <99> 피드포워드필터(FFF) 탭 계수 갱신부(29)는 등화기 입력신호 저장부(28)의 출력신호와 에러신호 계산부(27)에서 계산된 에러신호($e_2[k]$)를 이용하여 피드포워드필터(FFF)(221)로 인가되는 탭 계수($b_i[k]$)를 갱신한다.
- <100> 피드백필터(FBF) 탭 계수 갱신부(30)는 트렐리스 복호기(23)의 출력신호($\hat{z}[k]$)와 에러신호 계산부(27)에서 계산된 에러신호($e_2[k]$)를 이용하여 피드백필터(FBF)(222)로 인가되는 탭 계수($a_i[k]$)를 갱신한다.
- <101> 상기 TBD가 1이고 복잡도가 감소된 비터비 복호 알고리즘을 이용해 심볼을 검출하는 트렐리스 복호기(23)의 동작을 도 3 및 도 4를 참조하여 설명하면 다음과 같다.
- <102> 도 3 은 미국형 지상파 디지털 TV 표준인 8-VSB 시스템에서 사용되는 트렐리스 부호기(디지털 방송 송신 시스템에서의 TCM 부호기)(300) 및 트렐리스도(320)이다.
- <103> 도 3의 트렐리스도(320)에서, 실선(321)은 길쌈 부호기(310)의 입력(x_1)이 0일 때 메모리(311)의 상태 천이를 나타내며, 점선(322)은 길쌈 부호기(310)의 입력(x_1)이 1일 때 메모리(311)의 상태 천이를 나타낸다.

- <104> 기저대역에서 부호율 2/3 트렐리스 부호기(Trellis Encoder)(2개의 지연기와 하나의 2진 가산기로 이루어짐)(300)를 적용하여 2비트를 입력(x_1, x_2)하여 3비트의 출력(z_0, z_1, z_2)을 얻고, 이 3비트에서 표현되는 8가지 정보를 $\{-7, -5, -3, -1, 1, 3, 5, 7\}$ 의 심볼들로 대응시킨다. 심볼 매핑(mapper)의 출력이 VSB 변조기를 거쳐 전송하고자 하는 주파수 스펙트럼을 얻게 된다.
- <105> 부호율 2/3 트렐리스 부호기(송신 시스템의 TCM 부호기)(300)의 적용에 의해 8-VSB 변조기에서는 전송해야 할 비트가 2비트에서 3비트로 늘어나서 출력심볼이 8개의 성상으로 나타나게 된다. 따라서, 인접하는 심볼 성상간의 간격이 2가 되어 동일한 송신전력에 대하여 잡음 여유도가 작아지게 되지만, 트렐리스 부호기(송신기 TCM 부호기)의 동작에 의해 심볼 오류정정이 수행되어 출력 성상간의 거리가 해밍(hamming) 거리에서 유클리디안(euclidean) 거리로 변환되어 심볼간의 유효거리가 증가하기 때문에 TCM 부호기를 적용하지 않은 경우에 비해 TOV(Threshold Of Visibility) 측면에서 더 좋은 성능을 갖는다.
- <106> 도 3의 TCM 부호기 메모리(지연기)(311)의 초기 상태를 " $0(m_1=0, m_0=0)$ " 상태로, 출력신호(송신신호)를 (1.0, 1.0, 1.0, -3.0, -5.0)라 두자. 또한, 등화기 메인 필터부(22)의 출력신호, 즉 심볼 검출기(트렐리스 복호기)(23)의 입력신호를 (1.7, -0.4, 2.5, -1.8, -5.2)라 두자. 그러면, 디지털 방송 수신 시스템의 기존 판정 제한 등화 장치(도 1 참조)에서 심볼 검출부(12)로 사용하던 단순 양자화기의 출력은 (1.0, -1.0, 3.0, -1.0, -5.0)이 되어, 세 심볼(-1.0, 3.0, -1.0)에서 오류가 발생한다.
- <107> 그러나, TBD가 1이고 복잡도가 감소된 트렐리스 복호 알고리즘(비터비 복호 알고리즘)을 이용하여 심볼을 검출하면, 트렐리스 복호기(심볼 검출기)(23)에서의 에러를 현격히 줄일 수 있다.

- <108> 도 4는 본 발명에 따른 판정 제한 등화 장치 중 트렐리스 복호기(TBD가 1이고 복잡도가 감소된 비터비 복호기)에서의 심볼 검출 과정을 나타낸 일실시에 설명도로서, 트렐리스 복호의 일례로 비터비 복호 알고리즘을 이용하여 심볼을 검출하는 과정을 나타낸 것이다.
- <109> 도 4에 도시된 바와 같이, 트렐리스 복호기(TBD가 1이고 복잡도가 감소된 비터비 복호기)(23)에서는 기존 비터비 복호기와는 달리, 먼저 심볼 검출기 입력 신호($y[k]$)와 트렐리스도(320)에 나타나는 4개의 심볼 쌍[$D_0(=-7 \text{ or } +1)$, $D_1(=-5 \text{ or } +3)$, $D_2(=-3 \text{ or } +5)$, $D_3(=-1 \text{ or } +7)$]들 사이의 절대치 거리(410)를 하기의 [수학식 10]에 의하여 계산한다.
- <110> **【수학식 10】** 절대치 거리 = $|y[k] - D_i|$, $i=0,1,2,3$
- <111> 이후, 계산되어진 절대치 거리(410) 쌍들 중에서 각 쌍들마다 작은 절대치 거리(420)를 선택한다.
- <112> 다음으로, 시간 인덱스(k)에서 트렐리스도(320)에 나타나는 모든 상태[0=(00), 1=(01), 2=(20), 3=(11)]마다 이전에 계산된 누적 절대치 거리와 상기 계산된 절대치 거리를 합하여, 새로운 누적 절대치 거리를 계산한다.
- <113> 이어서, 시간 인덱스(k)에서 트렐리스도(320)에 나타나는 모든 상태마다 가장 작은 누적 절대치를 제외한 나머지 누적 절대치를 제거한다.
- <114> 이후에, 시간 인덱스(k)에서 트렐리스도(320)에 나타나는 모든 상태들 중에서 가장 작은 누적 절대치를 가지는 상태를 선택하고, 선택된 상태로 전이된 트렐리스도상의 가지로부터 심볼 검출기(트렐리스 복호기)(23) 출력을 얻어낸다.

- <115> 마지막으로, 상기의 과정들을 심볼 시간 인덱스(k)마다 반복적으로 수행한다.
- <116> 이와 같은 과정을 통해 TBD가 1이고 복잡도가 감소된 비터비 알고리즘을 이용하여 심볼을 검출하는 트렐리스 복호기(23)의 출력신호는 (1.0, 1.0, 1.0, -3.0, -5.0)이 되어, 도 3의 트렐리스 부호기(디지털 방송 송신 시스템에서의 TCM 부호기)의 출력신호, 즉 송신신호와 동일하게 된다.
- <117> 상기와 같이 TBD가 1이고 복잡도가 감소된 비터비 복호기를 사용하는 트렐리스 복호기(23)를 갖는 판정 궤환 등화 장치는 심볼 검출기 출력에서 판정 에러를 감소시킴으로써, 수렴 속도를 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 수렴후 잔류 평균 자승 오차를 줄일 수 있다.
- <118> 도 6 은 본 발명에 따른 판정 궤환 등화 방법에 대한 일실시에 흐름도이다.
- <119> 먼저, 채널 추정부(20)에서 수신신호($r[k]$)와 훈련열($d[k]$)을 이용하여 훈련열 구간동안 채널을 추정한다(601).
- <120> 이후, 추정된 채널로부터 신호대잡음비(SNR)를 최대화시키기 위해 채널 정합 필터(21)로 수신신호($r[k]$)를 통과시켜, 수신신호($r[k]$)의 채널특성을 변화시킨다(602). 즉, 채널 정합 필터(21)를 통하여, 채널 추정부(20)에서 계산된 채널추정필터 탭 계수(h_C)를 이용하여 채널정합 필터 탭 계수(h_M)을 생성하고, 생성된 채널정합필터 탭 계수(h_M)과 수신신호($r[k]$)를 이용하여 수신신호($r[k]$)의 신호대잡음비(SNR)를 최대화시킨다. 이렇게 함으로써, 실내수신 및 이동수신과 같은 열악한 수신신호($r[k]$)의 채널특성을 온화(mild)하게 변화시킬 수 있다.
- <121> 이제, 채널특성이 변화된 수신심볼의 효율적인 판정 궤환에 필요한 파라미터의 수치를 결정하며, 그의 채널 등화 파라미터를 초기화한다(603).

- <122> 그리고, 결정된 파라미터에 따른 특정 시간 인덱스 신호의 등화기 출력신호를 TBD가 1이고 복잡도가 감소된 트렐리스 복호기(23)를 이용하여 심볼을 검출한다(604).
- <123> 이어서, 통계 데이터 산출부(24)에서 블라인드 모드시 필요한 통계 데이터를 산출한다(605).
- <124> 이후, 스위치부(26)를 통해 훈련 모드, 판정 의거 모드 혹은 블라인드 모드 중 하나를 선택한다(606).
- <125> 이때, 에러신호 계산부(27)에서는 선택된 모드의 출력신호(예를 들면, 훈련 모드인 경우 트렐리스 복호기(23)의 출력신호($\hat{x}[k]$), 혹은 블라인드 모드인 경우 통계 데이터 산출부(24)의 출력신호)와 판정 의거 모드의 메인 필터부(22)의 출력신호($y[k]$)를 비교하여 에러신호($e_2[k]$)를 계산한다(607).
- <126> 이렇게 계산된 에러신호($e_2[k]$)는 피드포워드필터(FFF) 탭 계수 갱신부(29) 및 피드백필터(FBF) 탭 계수 갱신부(30)로 전달되어, 탭 계수($b_i[k]$, $a_i[k]$) 갱신에 사용된다(608). 즉, 피드포워드필터(FFF) 탭 계수 갱신부(29)에서는 등화기 입력신호 저장부(28)의 출력신호와 에러신호($e_2[k]$)를 이용하여 피드포워드필터(FFF)(221)로 인가되는 탭 계수($b_i[k]$)를 갱신하고, 피드백필터(FBF) 탭 계수 갱신부(30)에서는 트렐리스 복호기(23)의 출력신호($\hat{x}[k]$)와 에러신호($e_2[k]$)를 이용하여 피드백필터(FBF)(222)로 인가되는 탭 계수($a_i[k]$)를 갱신한다.
- <127> 마지막으로, 메인 필터부(22)에서는 갱신된 탭 계수($b_i[k]$, $a_i[k]$)를 이용하여 채널 등화를 수행한다(609).
- <128> 상기의 "601" 과정 내지 "609" 과정은 반복적으로 수행된다.

<129> 상술한 바와 같은 본 발명의 방법은 프로그램으로 구현되어 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체(씨디롬, 램, 롬, 플로피 디스크, 하드 디스크, 광자기 디스크 등)에 저장될 수 있다.

<130> 이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것이 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다.

【발명의 효과】

<131> 상기한 바와 같은 본 발명은, 기존 판정 궤환 등화 장치 앞단에 심볼 단위의 채널추정기로부터 생성된 채널 정합 필터를 됴으로써, 실내수신 및 이동수신과 같은 열악한 수신신호의 채널특성을 온화(mild)하게 변화시킬 수 있으며, 기존 판정 궤환 등화 장치에서 심볼 검출기로 사용하던 단순 양자화기 대신 TBD가 1이고 복잡도가 감소된 비터비 복호기를 사용함으로써, 심볼 검출기 출력에서 판정 에러를 감소시켜 디지털 필터부의 수렴 속도 향상 및 안정성을 높이고 수렴후 정상 상태에서의 잔류 편승 오차(residual MSE)를 줄일 수 있는 효과가 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

지상파 디지털 방송 수신 시스템에서의 판정 궤환 등화 장치에 있어서,
수신신호와 훈련열을 통해 심볼단위 수신신호의 채널을 추정하기 위한 채널추정수단;
추정된 채널로부터 신호대잡음비(SNR)를 최대화시켜 수신신호의 채널특성을 변화시키기
위한 채널정합 필터링수단;
상기 채널정합 필터링수단을 통해 채널특성이 변화된 수신심볼을 저장하고 있는 입력신
호 저장수단;
상기 채널정합 필터링수단을 통과한 신호의 반복적인 필터링을 통해 판정 궤환 등화(채
널 등화)를 수행하기 위한 채널등화수단;
채널 등화된 수신심볼을 TBD(Trace Back Depth)가 1이고 복잡도가 감소된 트렐리스 복
호 알고리즘을 이용하여 심볼(판정 데이터)을 검출하여 판정 의거 모드시 출력하기 위한 트렐
리스 복호수단;
블라인드 모드시에 필요한 통계적인 에러 데이터를 산출하여 출력하기 위한 통계 데이터
산출수단;
상기 훈련열을 저장하고 있는 훈련열 저장수단;
훈련 모드, 혹은 판정 의거 모드, 혹은 블라인드 모드의 출력을 선택하기 위한 스위칭수
단;

상기 스위칭수단에 의해 선택된 모드의 출력신호(판정 데이터 혹은 통계적인 에러 데이터 혹은 훈련열 데이터)와 상기 채널등화수단의 출력신호(판정 궤환 등화 데이터)를 비교하여 에러신호를 계산하기 위한 에러신호 계산수단; 및

상기 에러신호, 상기 트렐리스 복호수단의 출력신호 및 상기 입력신호 저장수단의 출력신호를 이용하여, 상기 채널등화수단으로 인가되는 탭 계수를 갱신하기 위한 탭 계수 갱신수단을 포함하는 지상파 디지털 방송 수신 시스템에서의 판정 궤환 등화 장치.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서,

상기 탭 계수 갱신수단은,

상기 입력신호 저장수단의 출력신호와 상기 에러신호를 이용하여 상기 채널등화수단의 피드포워드필터(FFF)로 인가되는 탭 계수를 갱신하기 위한 피드포워드필터(FFF) 탭 계수 갱신수단; 및

상기 트렐리스 복호수단의 출력신호와 상기 에러신호를 이용하여 상기 채널등화수단의 피드백필터(FBF)로 인가되는 탭 계수를 갱신하기 위한 피드백필터(FBF) 탭 계수 갱신수단을 포함하는 지상파 디지털 방송 수신 시스템에서의 판정 궤환 등화 장치.

【청구항 3】

제 1 항에 있어서,

상기 채널추정수단에서 $L(L \geq 1)$ 필드(313 세그먼트)마다 혹은 처음 시작 필드에서만 훈련열과 수신신호를 이용하여 심볼단위 수신신호의 채널을 추정하고, 추정된 채널로부터 신호대 잡음비를 최대화시키기 위해 상기 채널정합 필터링수단을 생성하여, 상기 채널정합 필터링수단으로 수신신호를 통과시킴으로써 수신신호의 채널특성을 온화(mild)하게 변화시키는 것을 특징으로 하는 지상파 디지털 방송 수신 시스템에서의 판정 궤환 등화 장치.

【청구항 4】

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 트렐리스 복호수단은,

트렐리스 부호 인터리버에 의해 12개의 트렐리스 부호기(TCM 부호기)를 사용하는 미국형 ATSC 8-VSB 전송 시스템에서 TBD(Trace Back Depth)가 1이고 복잡도가 감소된 수정된 비터비 복호 알고리즘을 사용하여 심볼을 검출함으로써, 복호 지연 값을 0으로 만드는 것을 특징으로 하는 지상파 디지털 방송 수신 시스템에서의 판정 궤환 등화 장치.

【청구항 5】

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 트렐리스 복호수단에서의 심볼 검출 과정은,

심볼 검출기 입력 신호와 트렐리스도에 나타나는 심볼 쌍들 사이의 절대치 거리를 계산하는 제 1 단계;

상기 계산된 절대치 거리 쌍들 중에서 각 쌍들마다 작은 절대치 거리를 선택하는 제 2 단계;

시간 인덱스에서 트렐리스도에 나타나는 모든 상태마다 이전에 계산된 누적 절대치 거리와 상기 계산된 절대치 거리를 합하여, 새로운 누적 절대치 거리를 계산하는 제 3 단계;

시간 인덱스에서 트렐리스도에 나타나는 모든 상태마다 가장 작은 누적 절대치를 제외한 나머지 누적 절대치를 제거하는 제 4 단계;

시간 인덱스에서 트렐리스도에 나타나는 모든 상태들 중에서 가장 작은 누적 절대치를 가지는 상태를 선택하고, 선택된 상태로 전이된 트렐리스도상의 가지로부터 심볼 검출기(트렐리스 복호수단) 출력을 얻어내는 제 5 단계; 및

상기 제 1 단계 내지 제 5 단계의 과정들을 심볼 시간 인덱스마다 반복적으로 수행하는 제 6 단계

를 포함하는 지상파 디지털 방송 수신 시스템에서의 판정 궤환 등화 장치.

【청구항 6】

지상파 디지털 방송 수신 시스템에서의 판정 궤환 등화 방법에 있어서,

수신신호와 훈련열을 이송하여 ~~훈련열 구간~~ 동안 채널을 추정하는 제 1 단계;

추정된 채널로부터 신호대잡음비(SNR)를 ~~최대화~~시키기 위해 채널 정합 필터로 수신신호를 통과시켜, 수신신호의 채널특성을 변화시키는 제 2 단계;

채널특성이 변화된 수신심벌의 판정 궤환에 필요한 파라미터의 수치를 결정하고, 채널 등화 파라미터를 초기화하는 제 3 단계;

결정된 파라미터에 따른 특정 시간 인덱스 신호의 등화기 출력신호를 TBD(Trace Back Depth)가 1이고 복잡도가 감소된 트렐리스 복호기를 이용하여 심볼을 검출하는 제 4 단계;

블라인드 모드시 필요한 통계 데이터를 산출하는 제 5 단계;

훈련 모드, 판정 의거 모드 혹은 블라인드 모드 중 하나를 선택하는 제 6 단계;

상기 제 6 단계에서 선택된 모드의 출력신호와 판정 의거 모드의 등화 필터부의 출력신호를 비교하여 에러신호를 계산하고, 계산된 에러신호를 이용하여 탭 계수를 갱신하는 제 7 단계; 및

상기 갱신된 탭 계수를 이용하여 채널 등화를 수행하는 제 8 단계

를 포함하는 지상파 디지털 방송 수신 시스템에서의 판정 궤환 등화 방법.

【청구항 7】

제 6 항에 있어서,

채널 추정기에서 $L(L \geq 1)$ 필드(313 세그먼트)마다 혹은 처음 시작 필드에서만 훈련열과 수신신호를 이용하여 심볼단위 수신신호의 채널을 추정하고, 추정된 채널로부터 신호대잡음비를 최대화시키기 위해 상기 채널 정합 필터를 생성하여, 상기 채널 정합 필터로 수신신호를 통과시킴으로써 수신신호의 채널특성을 온화(mild)하게 변화시키는 것을 특징으로 하는 지상파 디지털 방송 수신 시스템에서의 판정 궤환 등화 방법.

【청구항 8】

제 6 항 또는 제 7 항에 있어서,

상기 트렐리스 복호기는,

트렐리스 부호 인터리버에 의해 12개의 트렐리스 부호기(TCM 부호기)를 사용하는 미국형 ATSC 8-VSB 전송 시스템에서 TBD(Trace Back Depth)가 1이고 복잡도가 감소된 수정된 비터비 복호 알고리즘을 사용하여 심볼을 검출함으로써, 복호 지연 값을 0으로 만드는 것을 특징으로 하는 지상파 디지털 방송 수신 시스템에서의 판정 궤환 등화 방법.

【청구항 9】

제 8 항에 있어서,

상기 채널 추정기에서 수신신호와 훈련열을 사용하여 수신신호의 채널을 추정하고, 추정된 채널의 정보를 통해 채널 정합 필터를 생성하고, 채널 정합 필터를 이용해 열악한 수신신호의 채널특성을 온화(mild)하게 변화시키고, 상기 채널 정합 필터를 통과한 신호를 TBD가 1이고 복잡도가 감소된 비터비 복호기를 갖는 판정 궤환 등화 장치로 등화함으로써, 실내수신 및 이동수신과 같은 열악한 채널 환경에서 채널등화를 효율적으로 수행하는 것을 특징으로 하는 디지털 방송 수신 시스템에서의 판정 궤환 등화 방법.

【청구항 10】

지상파 디지털 방송 수신 시스템에서의 채널 등화를 위한 심볼 검출 방법에 있어서,

심볼 검출기 입력 신호와 트렐리스도에 나타나는 심볼 쌍들 사이의 절대치 거리를 계산하는 제 1 단계;

상기 계산된 절대치 거리 쌍들 중에서 각 쌍들마다 작은 절대치 거리를 선택하는 제 2 단계;

시간 인덱스에서 트렐리스도에 나타나는 모든 상태마다 이전에 계산된 누적 절대치 거리와 상기 계산된 절대치 거리를 합하여, 새로운 누적 절대치 거리를 계산하는 제 3 단계;

시간 인덱스에서 트렐리스도에 나타나는 모든 상태마다 가장 작은 누적 절대치를 제외한 나머지 누적 절대치를 제거하는 제 4 단계;

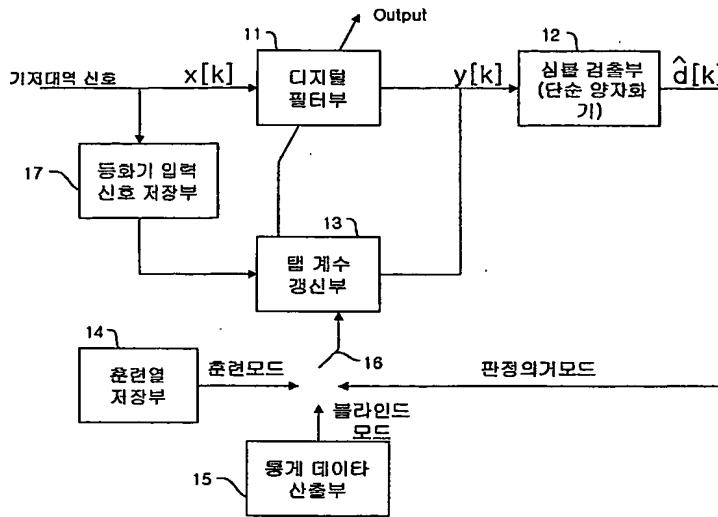
시간 인덱스에서 트렐리스도에 나타나는 모든 상태들 중에서 가장 작은 누적 절대치를 가지는 상태를 선택하고, 선택된 상태로 전이된 트렐리스도상의 가지로부터 심볼 검출기(트렐리스 복호수단) 출력을 얻어내는 제 5 단계; 및

상기 제 1 단계 내지 제 5 단계의 과정들을 심볼 시간 인덱스마다 반복적으로 수행하는 제 6 단계

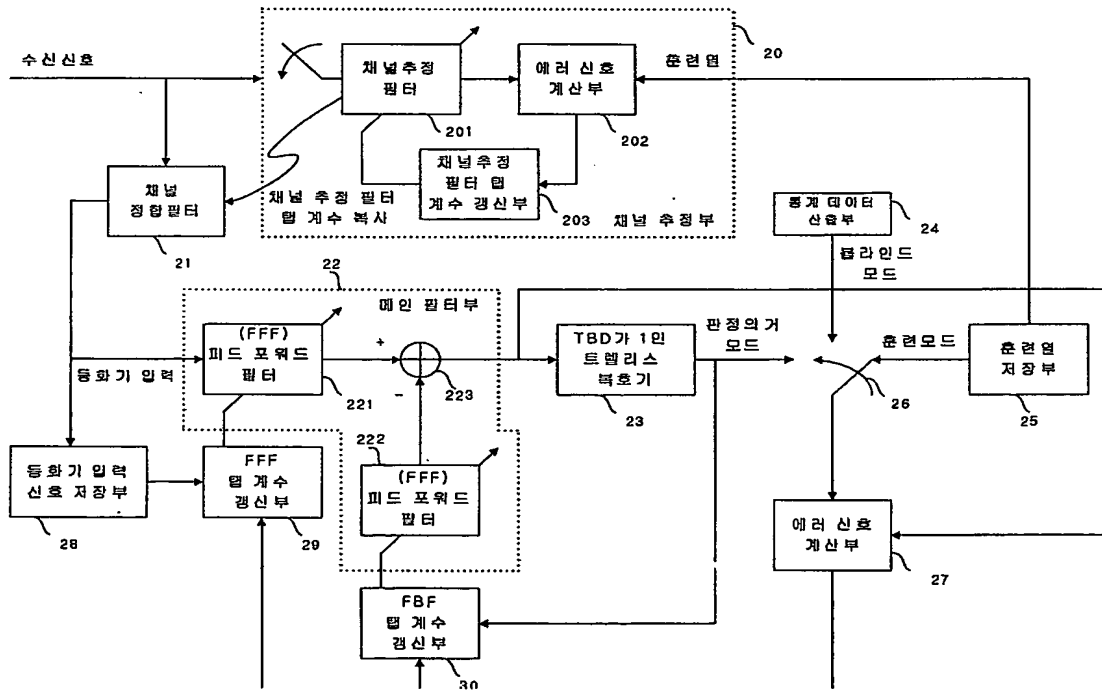
를 포함하는 지상파 디지털 방송 수신 시스템에서의 판정 궤환 등화 장치의 심볼 검출 방법.

【도면】

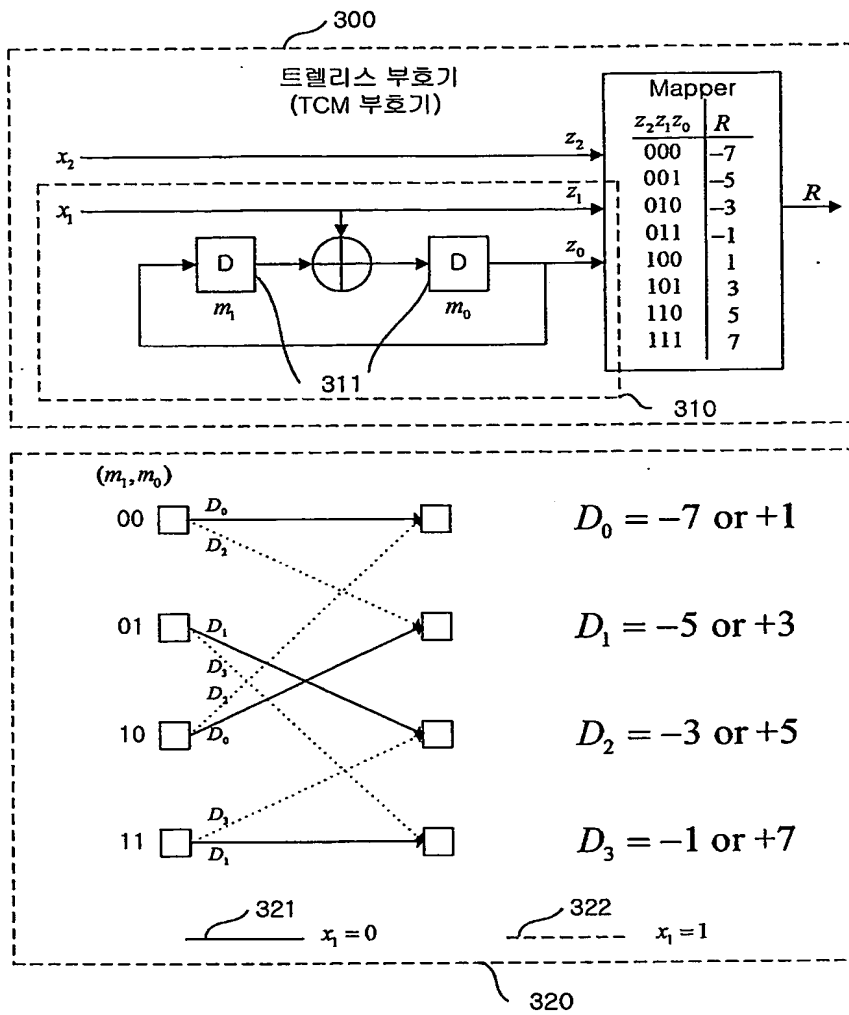
【도 1】



【도 2】



【도 3】



【도 4】

송신된 신호 = (1.0, 1.0, 1.0, -3.0, -5.0)

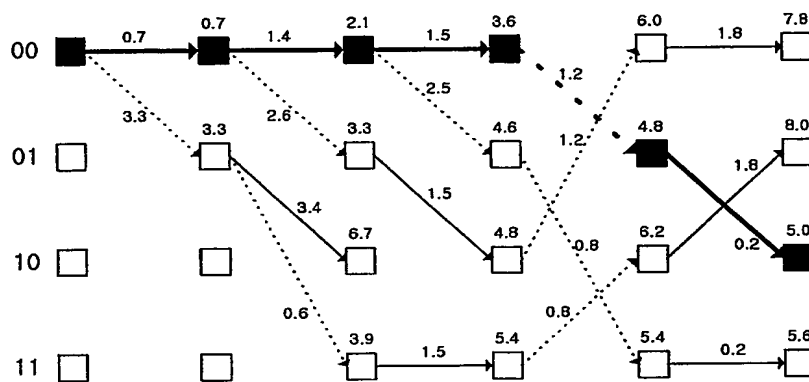
양자화기 입력 = (1.7, -0.4, 2.5, -1.8, -5.2)

기존 양자화기 출력 = (1.0, -1.0, 3.0, -1.0, -5.0)

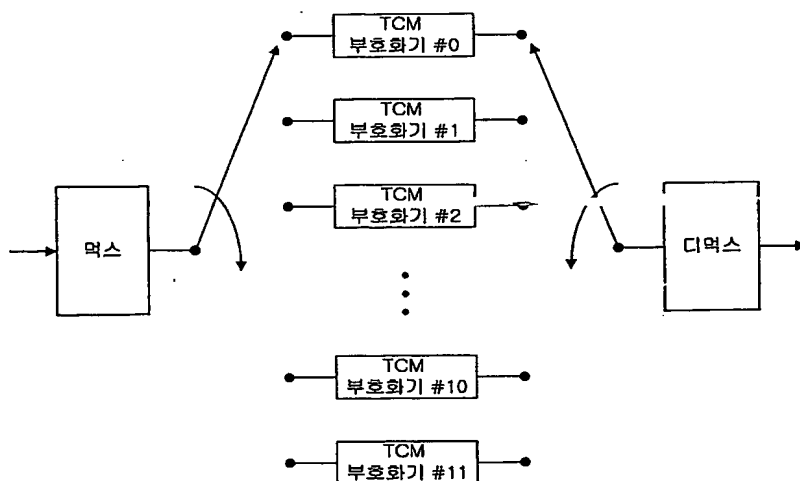
제한된 양자화기 출력 = (1.0, 1.0, 1.0, -3.0, -5.0)

$D_0 \rightarrow$	8.7 or 0.7	6.6 or 1.4	9.5 or 1.5	5.2 or 2.8	1.8 or 6.2
$D_1 \rightarrow$	6.7 or 1.3	4.6 or 3.4	7.5 or 0.5	3.2 or 4.8	0.2 or 8.2
$D_2 \rightarrow$	4.7 or 3.3	2.6 or 5.4	5.5 or 2.5	1.2 or 6.8	2.2 or 10.2
$D_3 \rightarrow$	2.7 or 5.3	0.6 or 7.4	3.5 or 4.5	0.8 or 8.8	4.2 or 12.2

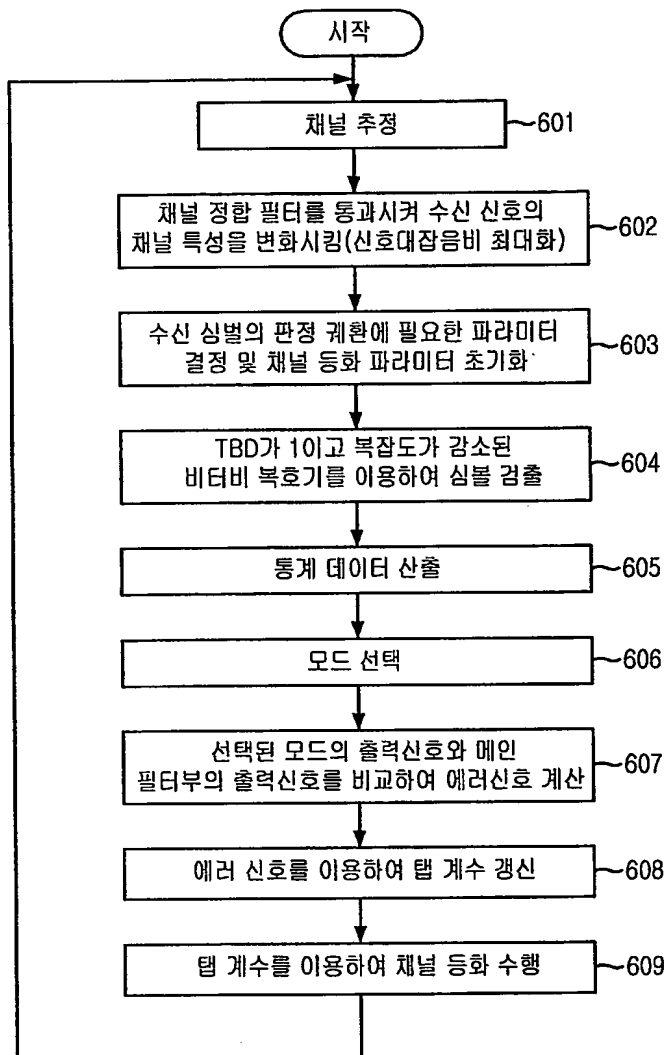
$D_0 \rightarrow$	<u>0.7</u>	1.4	1.5	2.8	1.8
$D_1 \rightarrow$	1.3	3.4	<u>0.5</u>	3.2	<u>0.2</u>
$D_2 \rightarrow$	3.3	2.6	2.5	1.2	2.2
$D_3 \rightarrow$	2.7	<u>0.6</u>	3.5	<u>0.8</u>	4.2



【도 5】



【도 6】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.